

RESISTÊNCIA DO ALGODOEIRO HERBÁCEO AO FLUXO DE VAPOR D'ÁGUA EM CONDIÇÕES DE TRANSPIRAÇÃO POTENCIAL

COTTON CANOPY RESISTANCE TO THE WATER VAPOR FLUX AT CONDITIONS OF POTENTIAL TRANSPIRATION

Pedro Vieira de Azevedo¹, Bernardo Barbosa da Silva², Tantravahi Venkata Ramana Rao³ e José Espínola
Sobrinho⁴

RESUMO

Dados de temperatura do ar (bulbo seco-Ta e bulbo úmido-Tu), saldo de radiação (Sr), velocidade do vento (u), temperatura do dossel vegetativo (Tc), resistências aerodinâmica (r_a) e estomática (r_s), coletados em experimento agrometeorológico com a cultura do algodão herbáceo (*Gossypium hirsutum* r. *latifolium* Hutch cultivar CNPA 6H) em Ipanguassu-RN, no período de agosto a dezembro de 1992, foram utilizados na determinação das resistências aerodinâmica (r_{ap}) e do dossel vegetativo (r_{cp}) em condições de transpiração potencial. As resistências foram obtidas pelo método do balanço de energia e através de medições porométricas e ambientais. A relação linear obtida entre a diferença de temperaturas (Tc-Ta) e o déficit de pressão de vapor (DPV) foi $Tc-Ta = 0,76 - 1,92 DPV$, a qual serviu de base para o cálculo de r_{ap} e r_{cp} . Considerando os valores médios do saldo de radiação ($Sr = 294,03 W/m^2$) e da tangente à curva de saturação do vapor d'água ($\Delta = 247,39 Pa/^{\circ}C$), para dias em que a cultura transpirava a taxas potenciais, obteve-se $r_{ap} = 5,88 s/m$ e $r_{cp} = 18,04 s/m$, este último sendo ligeiramente inferior àquele obtido pelas medições porométricas ($r_{cp} = 22,82 s/m$, mas com um desvio padrão de 9,20 s/m).

Palavras-chave: Resistências do dossel e aerodinâmica, temperatura do dossel, déficit de pressão de vapor, saldo de radiação, porometria.

¹ Eng.º Agrº, PhD, Professor Adjunto da UFPB, Campus II, Caixa Postal 10.089, CEP 58109-970 - Campina Grande - PB.

² Meteorologista, Doutor, Prof. Adjunto da UFPB, Campus II, Caixa Postal 10.089, CEP 58109-970 - Campina Grande - PB.

³ Físico-Matemático, PhD, Prof. Adjunto da UFPB, Campus II, Caixa Postal 10089, CEP 58.109-970 - Campina Grande - PB.

SUMMARY

Data of air temperature (dry bulb - T_a e wet bulb - T_w), net radiation (S_r), wind speed (u), canopy temperature (T_c), aerodynamic (r_a) and canopy (r_s) resistances, collected at agrometeorological experiment with cotton crop (*Gossypium hirsutum* r. *latifolium* Hutch cultivar CNPA 6H), conducted at Ipanguassu-RN during the period from August to December, 1992, were used in the determination of the aerodynamic (r_{ap}) and canopy (r_{cp}) resistances for potential transpiration conditions. The resistances were obtained by energy balance considerations and by porometric and environmental measurements. The linear relationship between the temperature difference ($T_c - T_a$) and the vapor pressure deficit (VPD) was obtained as: $T_c - T_a = 0.76 - 1.92 \text{ VPD}$, which was used as a basis for the calculations of r_{ap} and r_{cp} . Considering the average values of the net radiation ($S_r = 294.03 \text{ W/m}^2$) and the tangent to the water vapor saturation curve ($\Delta = 247.39 \text{ Pa}^\circ\text{C}$), for days with the crop transpiring at potential rates, the mean resistances estimated by the O'Toole & Real method, $r_{ap} = 5.88 \text{ s/m}$ and $r_{cp} = 18.04 \text{ s/m}$, were lightly lower than those obtained by the porometric method ($r_{cp} = 22.82 \text{ s/m}$ with a standard deviation of 9.20 s/m).

Key words : Canopy and aerodynamic resistances, canopy temperature, vapor pressure deficit, net radiation and porometry.

INTRODUÇÃO

O máximo rendimento agrícola somente é alcançado quando o solo é mantido com um teor de umidade tal que a absorção das raízes é máxima e o potencial climático é adequado ao desenvolvimento das plantas (AZEVEDO et al, 1993a). Portanto, para os cultivos atingirem níveis máximos de produtividade torna-se necessário o conhecimento das disponibilidades e necessidades térmicas e hídricas em cada fase fenológica, principalmente quando o reabastecimento da água do solo é feito através da irrigação.

Em geral, o consumo hídrico das plantas é estabelecido com base nas perdas totais de água para a atmosfera pelo processo de evaporação do sistema solo-planta, denominado de evapotranspiração (ET). A taxa de evapotranspiração é controlada pela resistência do sistema ao fluxo de vapor d'água para a atmosfera. Essa resistência é composta da resistência do dossel vegetativo (r_c), condicionada principalmente pelos estômatos e da resistência que o ar oferece ao transporte turbulento do vapor d'água (r_a). Se a cultura cobre completamente o solo e a disponibilidade de água na zona das raízes é propícia ao processo, a resistência estomática é mínima e a evapotranspiração é potencial ou de referência (ETp) e controlada exclusivamente por fatores ambientais (WITTERS & VIPOND, 1984), caso contrário, a

⁴ Engº Agrº, Mestre, Professor Adjunto da ESAM, Caixa Postal 137, CEP 59.625-900 - Mossoró - RN.

evapotranspiração depende também da espécie e do estágio de desenvolvimento das plantas (TANNER & LEMON, 1962).

Na agricultura irrigada, as condições hídricas das plantas podem ser monitoradas de várias maneiras, das quais enfatiza-se: 1) através do coeficiente de cultivo ($K_c = ET_m/ET_p$, onde ET_m é a evapotranspiração máxima da cultura); 2) com base em índices de estresse hídrico da cultura, os quais variam desde as formas mais simples que consideram apenas a variabilidade da temperatura do dossel (GARDNER et al, 1981 e CLAWSON & BLAD, 1982), passando pelo modelo proposto por IDSO et al (1981) que relaciona a diferença entre as temperaturas do dossel vegetativo (T_c) e o ar (T_a) com o déficit de pressão de vapor d'água (DPV), até o modelo mais completo, proposto por JACKSON et al (1981) e que se baseia no balanço de energia e nas resistências aerodinâmica e do dossel vegetativo.

Ademais, o índice de estresse hídrico da cultura (CWSI) proposto por JACKSON et al (1981) requer também informações a respeito das resistências aerodinâmica (r_a) e da cobertura vegetal transpirando a taxas potenciais (r_{cp}), que é de difícil obtenção. Na falta de informações sobre r_{cp} , JACKSON et al (1981) consideraram o valor $r_{cp} = 5$ s/m, que proporcionou um CWSI = 0, um dia após uma irrigação. HATFIELD (1985) obteve as resistências da cultura de trigo ao fluxo de vapor d'água com base no balanço de energia, onde r_a foi corrigida para o efeito da estabilidade atmosférica segundo MONTEITH (1973). A resistência típica em condições de transpiração potencial, ao meio dia, situou-se entre 20 e 25 s/m. As resistências r_a e r_c para o algodoeiro herbáceo foram estudadas por AZEVEDO et al (1993b), os quais concluíram que a resistência da cobertura vegetal é inversamente proporcional à velocidade do vento e ao déficit de pressão de vapor, ao passo que a resistência aerodinâmica, para um mesmo regime de vento, mostrou-se máxima no final do subperíodo vegetativo e, em geral, foi 5 a 10 vezes inferior a r_c . No entanto, esses autores não apresentam qualquer resultado de r_{ap} e r_{cp} . Com base no método de O'TOOLE & REAL (1986), SILVA et al (1993) obtiveram r_{ap} e r_{cp} para o algodão herbáceo, as quais foram utilizadas na determinação do comportamento diurno do CWSI proposto por JACKSON et al (1981).

CHOUDHURY (1985) e O'TOOLE & REAL (1986) analisaram os procedimentos propostos por IDSO et al (1981) e por JACKSON et al (1981) para determinação de r_{cp} com base em medições com o termômetro infravermelho, saldo radiômetro, anemômetro e psicrômetro. Segundo CHOUDHURY et al (1986), a taxa de transpiração é superestimada quando a resposta dos estômatos ao DPV não é considerada. SMITH et al (1985) relacionaram a resistência estomática r_s com a razão entre DPV e o índice de área foliar (IAF), obtendo a seguinte relação: $r_s = 17,5 + 16,5 \text{ DPV/IAF}$, com $r^2 = 0,83$ e $N = 99$.

Ao comparar o CWSI obtido pelos modelos teórico (JACKSON et al, 1981) e empírico (IDSO et al, 1981), WANJURA et al (1984) encontraram valores negativos de CWSI, ocasionados provavelmente pelos valores constantes atribuídos às resistências r_{ap} e r_{cp} . Em estudos semelhantes, ABDUL-JABBAR et

al (1985) consideraram três métodos de estimativa de r_{ap} e $r_{cp}= 15$ s/m. Na parametrização de Tc-Ta em função do DPV, do saldo de radiação e do balanço de energia, SMITH et al (1985) concluíram que a melhor simulação, obtida pelo modelo do balanço de energia segundo MONTEITH (1965), pode ser melhorada consideravelmente com uma avaliação mais precisa de r_{ap} e r_{cp} . Também, na análise do comportamento de Tc e da condutância estomática em variedades de alfafa, HATTENDORF et al (1990) compararam a r_{cp} medida com a obtida pelo método de O'TOOLE & REAL (1986).

O presente estudo objetivou a determinação das resistências aerodinâmica (r_{ap}) e do dossel vegetativo (r_{cp}) do algodoeiro herbáceo em condições de transpiração potencial, para utilização no monitoramento do índice de estresse hídrico da cultura (CWSI) segundo o método de JACKSON et al (1981).

MATERIAL E MÉTODOS

Os dados utilizados neste trabalho foram obtidos em experimento de campo conduzido na Estação Experimental da Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte - EMPARN, localizada no município de Ipanguassu-RN (latitude: 5°30' S; longitude: 36°55' W; altitude: 68 m), no período de agosto a dezembro de 1992. A cultura utilizada foi o algodoeiro herbáceo (*Gossypium hirsutum* r. *latifolium* cultivar CNPA 6H). Considerou-se duas parcelas de 40 m x 30 m e dois tratamentos de irrigação: o não estressado-TNE e o estressado-TE. No tratamento TNE, a cultura não foi submetida a qualquer restrição hídrica, enquanto que no tratamento TE foi submetida a estresse hídrico através de diferenciação no turno de rega e na lâmina de irrigação (SILVA et al, 1995), a partir do 53º dia após a semeadura.

A semeadura foi realizada em 28 de agosto de 1992 num espaçamento de 0,65 m entre as fileiras duplas, 0,35 m entre as fileiras simples, 0,40 m entre covas e duas plantas por cova, obtendo-se uma densidade de 100.000 plantas/hectare. Utilizou-se o sistema de irrigação por sulcos fechados nas extremidades, com a água chegando aos sulcos através de tubos janelados.

Os parâmetros atmosféricos e fisiológicos medidos foram: temperaturas máxima (Tx), mínima (Tm), do bulbo seco (Ta) e do bulbo úmido (Tu), com os termômetros localizados no abrigo meteorológico instalado na área experimental; saldo de radiação (Sr) em ciclos diurnos a cada meia hora das 6 h às 17 h 30 min, com saldorradiômetros instalados a aproximadamente 1 (um) metro acima da vegetação; velocidade do vento a 2 m acima da vegetação, utilizando um anemômetro totalizador; temperatura do dossel vegetativo (Tc), com termômetro infravermelho AG-42 da Telatemp, em medições horárias das 6 h às 18 h nos ciclos diurnos e diariamente nos horários das 10 h e 14 h; resistência foliar à difusão de vapor (r_s) das faces abaxial e adaxial de duas folhas vigorosas e ensolaradas, com um

porômetro de resistência LI-1600 da LICOR, diariamente nos horários das 10 h e 14 h e em ciclos diurnos das 7 h às 17h.

A resistência do dossel vegetativo (r_c) foi obtida pela média aritmética da resistência resultante do somatório, em paralelo, das resistências (r_s) das faces abaxial e adaxial, das duas folhas utilizadas.

O valor médio das resistências aerodinâmica (r_{ap}) e do dossel vegetativo (r_{cp}) para condições de transpiração potencial foram estimadas segundo O'TOOLE & REAL (1986), os quais consideraram a linearidade entre a diferença $T_c - T_a$ e o déficit de pressão de vapor (DPV), e o balanço de energia, expresso por:

$$S_r = H + IE + S \quad 1$$

onde S_r é o saldo de radiação (Wm^{-2}), H o fluxo de calor sensível para o ar (Wm^{-2}), IE o fluxo de calor latente (Wm^{-2}) e S o fluxo de calor sensível do solo (Wm^{-2}). JACKSON et al (1981) expressaram H e IE da seguinte forma:

$$H = \frac{r_a C_p (T_c - T_a)}{r_a} \quad 2$$

$$IE = \frac{r_a C_p (e_c^* - e_a)}{[g(r_a + r_c)]} \quad 3$$

onde r_a é a densidade do ar ($Kg.m^{-3}$), C_p o calor específico do ar ($J.Kg^{-1} °C^{-1}$), e_c^* a pressão de saturação do vapor d'água do ar à temperatura do dossel (T_c), e_a a pressão de vapor à temperatura do ar (T_a) e $g (C_p P) / (0,622 I)$ o parâmetro psicrométrico ($Pa.°C^{-1}$), onde P é a pressão atmosférica (Pa) e $I = 595 - 0,51 T_a$ é o calor latente de vaporização da água.

Assumindo S desprezível e combinando as Equações 1, 2 e 3, com a tangente à curva de saturação de vapor d'água em função da temperatura, $\Delta = (e_c^* - e_a^*) / (T_c - T_a)$ em $Pa.°C^{-1}$, obtém-se:

$$T_c - T_a = \frac{r_a S_r}{r_a C_p} \cdot \frac{g(I + r_c / r_a)}{\Delta + g(I + r_c / r_a)} - \frac{e_a^* - e_a}{\Delta + g(I + r_c / r_a)} \quad 4$$

que permite estimar-se Tc-Ta em função de DPV = (e_a* - e_a), Sr, r_a e r_c (IDSO et al,1981). Para uma condição de extremo estresse hídrico, a resistência à difusão de vapor da folhagem tende para o infinito e a planta teoricamente não transpira, levando a diferença Tc-Ta a atingir um valor máximo dado por (JACKSON et al,1981):

$$T_c - T_a = \frac{r_a S_r}{r_a C_p} \quad 5$$

No caso de uma cultura bem irrigada, isto é, transpirando a uma taxa potencial, r_c não é zero mas assume um valor r_{cp} particular da cultura (JACKSON et al,1981). Assim, ao substituir-se r_c por r_{cp} e r_a por r_{ap} na Equação 4, obtém-se o limite inferior de (Tc-Ta), qual seja:

$$T_c - T_a = \frac{r_{ap} S_r}{r_a C_p} \cdot \frac{g(1 + r_{cp}/r_{ap})}{\Delta + g(1 + r_{cp}/r_{ap})} - \frac{e_c^* - e_a}{\Delta + g(1 + r_{cp}/r_{ap})} \quad 6$$

que relaciona linearmente (Tc-Ta) e DPV, desde que se mantenham constantes Ta, Sr, r_{ap} e r_{cp}. Segundo O'TOOLE & REAL (1986), r_{ap} e r_{cp} na Equação 6 podem controlar ou contribuir para o estabelecimento de relação única entre (Tc-Ta) e DPV para uma cultura específica, cujos coeficientes de regressão são dados por:

$$a = \frac{r_{ap} S_r}{r_a C_p} \cdot \frac{g(1 + r_{cp}/r_{ap})}{\Delta + g(1 + r_{cp}/r_{ap})} \quad 6$$

$$b = - \frac{1}{\Delta + g(1 + r_{cp}/r_{ap})} \quad 7$$

Como em condições de campo é improvável que as variáveis Sr, r_{ap}, r_{cp} e Δ mantenham-se constantes ao longo do período para o qual a relação entre Tc-Ta e DPV está sendo estabelecida, O'TOOLE & REAL (1986) propuseram a utilização dos valores médios de Sr e Δ nas Equações 7 e 8, o que permite obter-se r_{ap} e r_{cp} através das expressões:

$$r_{ap} = \frac{r_a C_p a}{S_r b (\Delta + 1/b)} \quad 8$$

$$r_{cp} = -r_{ap} \left[\frac{\Delta + 1/b}{g} + 1 \right] \quad 9$$

que são específicas da cultura estudada, uma vez que a relação linear entre Tc-Ta e DPV é única para cada cultura.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A resistência do dossel vegetativo r_c (s/m) referente ao tratamento não estressado (TNE) para os horários das 10 h e 14 h é apresentada na Tabela 1. Os valores mais elevados de r_c foram verificados nos períodos entre 20 e 21 de outubro e entre 02 e 04 de novembro, indicando que a cultura, apesar de se tratar do tratamento não estressado, evidenciou sinais de estresse hídrico. É importante notar que esses valores foram verificados às 14h, e que pode resultar da alta demanda atmosférica local, já que no turno da manhã os valores de r_c foram inferiores à metade dos verificados às 14h. Os menores valores da resistência do dossel ($r_c = 19,10$ s/m e $r_c = 20,10$ s/m) foram observados às 10h dos dias 13 e 11 de novembro, respectivamente, o que evidencia situações de transpiração potencial da cultura. Os dados da Tabela 1 estão também incluídos na Figura 1, onde pode-se sugerir o valor de $r_c = 100$ s/m como limite máximo da resistência do dossel vegetativo, a partir do qual a cultura deve ser irrigada. No entanto, deve-se considerar que r_c , obtido com base em medições porométricas, reveste-se de certas dificuldades operacionais, como a escolha da folha para as medições, sua exposição à radiação solar e variações no déficit de pressão de vapor, as quais interferem no valor da resistência. Na Figura 1 são, também, apresentados os valores de r_c obtidos no tratamento estressado e como se observa, a partir do DAS=60 r_c é substancialmente superior aos valores medidos no tratamento não estressado. Ademais, a variabilidade temporal de r_c é mais acentuada no tratamento estressado e resultou dos estresses hídricos impostos à cultura. Fica evidenciado, ainda, que no turno da tarde r_c geralmente é superior aos do turno da manhã, em ambos os tratamentos.

Na Tabela 2 são apresentados os valores da resistência do dossel (r_c), correspondente ao ciclo diurno obtido em 11 de novembro para duas folhas do tratamento não estressado (TNE), os quais foram considerados no cálculo da resistência do dossel em condições de transpiração potencial (r_{cp}), resultando num valor médio de $r_{cp} = 22,82$ s/m para aquele dia.

Para o cálculo de r_{ap} e r_{cp} pelo método de O'TOOLE & REAL (1986) (Equações 9 e 10), utilizou-se

os ciclos diurnos obtidos nos dias 11, 19 e 24 de novembro, os quais constam na Tabela 3. Para esses ciclos diurnos de dados de Tc-Ta, Sr, \ddot{A} e DPV, para condições de transpiração potencial, obteve-se um saldo de radiação médio (Sr) igual a 294,03 W/m² e uma tangente à curva de saturação de vapor d'água média (\ddot{A}) de 274,39 Pa/°C. Os dados de Tc-Ta e DPV foram utilizados na obtenção da equação de regressão: Tc-Ta = 0,76 - 1,92. DPV, com r² = 0,90 e um erro padrão de estimativa de 0,53 °C.

Substituindo-se os valores médios de Sr e \ddot{A} , apresentados acima e os coeficientes de regressão a = 0,76 e b = -1,92, obteve-se r_{cp} = 18,04 s/m e r_{ap} = 5,88 s/m, que se aproxima bastante do valor de r_{cp} obtido pelo método porométrico.

Tabela 1 - Resistência do dossel vegetativo à difusão de vapor d'água (r_e), baseada em medições porométricas nas faces abaxial e adaxial do algodoeiro herbáceo. Ipanguassu, RN. 1992.

Data	Resistência (s/cm)	
	10 h	14 h
08/out	71,23	91,07
09/out	51,59	69,39
10/out	43,91	48,64
11/out	47,90	56,12
12/out	54,17	64,06
13/out	65,64	44,36
14/out	42,92	44,82
15/out	45,57	53,55
16/out	49,63	53,55
19/out	49,02	77,83
20/out	52,45 *	199,86 *
21/out	86,33 *	178,13 *
27/out	30,69	26,00
28/out	58,60	67,10
02/nov	65,10 *	154,70 *
04/nov	101,00 *	275,70 *
05/nov	52,90	62,40
06/nov	49,90	62,90
09/nov	51,50	93,70
11/nov	20,10 **	26,50 **
13/nov	19,10 **	22,20 **
16/nov	26,10 **	21,90 **
18/nov	20,50 **	28,40 **
23/nov	47,20	55,60
25/nov	123,00	122,40
27/nov	87,10	94,80
04/dez	78,40	100,18
07/dez	64,40	96,30
16/dez	141,90	215,90

* - Cultura com sintomas de estresse hídrico
 ** - Cultura transpirando a taxas potenciais

Tabela 2 - Resistência do dossel em condições de transpiração potencial para 11/11/92. Ipanguassu, RN. 1992.

Horário	Resistência (s/m)	
	Folha 1	Folha 2
07 h	17,33	25,97
08 h	13,81	16,72
09 h	09,65	15,40
10 h	18,80	21,50
11 h	21,00	24,10
12 h	14,21	19,84
13 h	17,60	19,84
14 h	23,53	29,50
15 h	25,30	38,46
16 h	32,47	49,26

Tabela 3 - Valores de Tc (°C), de Tc-Ta (°C), de Sr (W/m²), de Δ (Pa/°C) e de DPV (kPa) para a cultura em condições de transpiração potencial em diferentes dias. Ipanguassu, RN. 1992.

Data	Hora	Tc	Tc-Ta	Sr	Δ	DPV
11 nov	06h	23,8	-0,6	84,9	179,7	0,7
11 nov	07h	25,3	-2,4	293,7	203,5	1,5
11 nov	08h	26,2	-3,0	428,2	216,2	1,8
11 nov	09h	28,2	-2,9	541,4	239,0	2,2
11 nov	10h	28,1	-4,3	566,2	246,0	2,6
11 nov	11h	29,1	-4,9	283,1	262,4	3,0
11 nov	13h30min	30,1	-5,7	605,1	280,8	3,5
11 nov	14h	29,2	-6,8	562,6	276,0	3,6
11 nov	15h	29,3	-3,7	403,4	257,2	2,4
11 nov	16h	27,6	-3,2	152,2	233,6	1,8
19 nov	07h	25,1	-1,6	127,4	197,2	0,9
19 nov	08h	25,5	-1,8	159,2	202,3	1,0
19 nov	09h	29,0	-0,8	566,2	235,8	1,6
19 nov	09h30min	28,1	-3,1	322,0	239,0	2,1
19 nov	11h	29,2	-3,3	445,9	253,5	2,4
19 nov	12h	28,9	-4,6	201,7	257,9	2,9
19 nov	13h	28,2	-5,9	254,8	257,5	3,1
19 nov	13h30min	28,4	-4,2	240,6	249,3	2,1
19 nov	14h	29,6	-2,5	353,9	253,7	2,3
19 nov	15h	28,7	-5,6	360,9	246,6	2,2
19 nov	16h	27,8	-2,9	159,2	234,0	1,9
19 nov	17h	26,7	-2,7	-21,2	220,1	1,8
24 nov	06h	24,1	-0,6	74,3	182,4	0,5
24 nov	07h	25,9	-1,5	205,3	205,3	1,2
24 nov	08h	27,6	-2,0	513,1	226,3	1,7
24 nov	09h	28,4	-3,1	414,0	242,2	2,2
24 nov	10h	27,8	-4,5	279,5	243,8	2,5
24 nov	12h	29,4	-5,3	254,8	268,9	3,2
24 nov	13h	29,1	-5,5	240,6	266,3	3,3
24 nov	13h30min	28,7	-6,0	169,9	264,3	3,3
24 nov	14h	29,0	-6,2	169,9	269,3	3,4
24 nov	15h	29,2	-3,8	162,8	256,4	2,4
24 nov	16h	29,3	-3,2	53,1	254,1	2,2

CONCLUSÕES

Apesar dos valores médios da resistência do dossel do algodoeiro herbáceo transpirando a taxas potenciais, obtidos pelos métodos porométrico ($r_{cp} = 22,82$ s/m) e de O'TOOLE & REAL (1986) ($r_{cp} = 18,02$ s/m) serem tão próximos, sugere-se a utilização do valor obtido pelo método de O'Toole & Real, por estar livre dos erros contidos nas medições porométricas, causados, principalmente, pelas dificuldades de escolha da folha para as medições, sua exposição à radiação solar e as variações no déficit de pressão de vapor.

Os valores da resistência aerodinâmica (r_{ap}) são cerca de quatro a cinco vezes inferiores àqueles obtidos para a resistência do dossel (r_{cp}).

Quando o suprimento de água ao solo for controlado apenas através da resistência do dossel (r_c), a irrigação do algodão herbáceo deve ser efetuada toda vez que r_c se aproximar de 100 s/m.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a colaboração do Centro Nacional de Pesquisa de Algodão - CNPA da EMBRAPA, da Escola Superior Agrícola de Mossoró - ESAM, da Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte -EMPARN, tanto pela utilização de suas áreas experimentais quanto pela concessão de equipamentos e laboratórios, os quais viabilizaram a realização desta pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABDUL-JABBAR, A.S., LUGG, D.G., SAMMIS, T.W. e GAY, L.W. Relationships between crop water stress index and alfalfa yield and evapotranspiration. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v. 28, p. 454-461, 1985.
- AZEVEDO, P.V. de, RAMANA RAO, T.V., e AMORIM NETO, M. da S. Necessidades hídricas da cultura do algodoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 28, n. 7, p. 863-870, 1993a.
- AZEVEDO, P.V. de, RAMANA RAO, T.V., AMORIM NETO, M. da S. et al . Resistências aerodinâmica e estomática da cultura do algodão herbáceo. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria-RS, v. 1, n. 1, p. 19-24, 1993b.
- CHOUDHURY, B. A note on crop and air temperatures equality. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam v .34, p. 333-336, 1985.
- CHOUDHURY, B.J., REGINATO, R.J. e IDSO, S.B. An analysis of infrared temperature observations over wheat and calculation of latent heat flux. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam,

v. 37, p. 75-88, 1986.

CLAWSON, K.L. e BLAD, B.L. Infrared thermometry for scheduling irrigation of corn. **Agronomy Journal**, Madison, v. 74, p. 311-316, 1982.

GARDNER, B.R., BLAD, B.L. e WATTS, D.G. Plant air temperatures in differentially-irrigated corn. **Agricultural Meteorology**, Amsterdam, v. 25, p. 207-217, 1981.

HATFIELD, J.L. Wheat canopy resistance determined by energy balance techniques. **Agronomy Journal**, Madison, v. 77, p. 279-283, 1985.

HATTENDORF, M.J., EVANS, D.W. e PEADEN, R.N. Canopy temperature and stomatal conductance of water-stressed dormant and nondormant alfalfa types. **Agronomy Journal**, Madison, v. 82, p. 873-877, 1990.

IDSO, S.B., JACKSON, R.D., PINTER Jr., P.J. et al. Normalizing the stress degree day parameter for environmental variability. **Agricultural Meteorology**, Amsterdam, v. 24, p. 45-55, 1981.

JACKSON, R.D., IDSO, S.B., REGINATO, R.J. et al. Canopy temperature as a crop water stress indicator. **Water Resources Research**, Washington, v. 17, p. 1133-1138, 1981.

MONTEITH, J.L. Evaporation and environment. In: FOGG, G.F.(ed). **The state and movement of water in living organisms**. Nova York, Cambridge University Press, p. 205-234, 1965.

MONTEITH, J.L. **Principles of environmental physics**. Londres: Edward Arnold, 241 p, 1973.

O'TOOLE, J.C. e REAL, J.G. Estimation of aerodynamic and crop resistances from canopy temperature. **Agronomy Journal**, Madison, v. 78, p. 305-310, 1986.

SILVA, B.B. da, KUMAR, K.K.; AZEVEDO, P.V. de et al. Estimativas das resistências aerodinâmica e da cultura com base na temperatura do dossel para o algodão herbáceo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, VIII, Porto Alegre, RS. **Resumos....** Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia/UFRGS-UFSM, 1993. 211 p, p. 54.

SILVA, B.B. da, RAMANA RAO, T.V., AZEVEDO, P.V. de et al. Quantificação de estresse hídrico em algodoeiro herbáceo com termometria infravermelha. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria - RS, v. 3, n. 1, p. in-if, 1995.

SMITH, R.C.G., BARRS, H.D., STEINER, J.L. et al. Relationship between wheat yield and foliage temperature: theory and its application to infrared measurements. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 36, p. 129-143, 1985.

TANNER, S.B. e LEMON, E.R. Radiant energy utilized in evapotranspiration. **Agronomy Journal**, Madison, v. 54, p. 207-212, 1962.

WANJURA, D.F., KELLY, C.A., WENDT, C.W. et al. Canopy temperature and water stress of cotton crop with complete and partial ground cover. **Irrigation Science**, Heidelberg, v. 5, p. 37-46, 1984.

WITTERS, B. e VIPOND, S. **Irrigação: aplicações e prática**. São Paulo: Editora Nobel, 339 p., 1984.